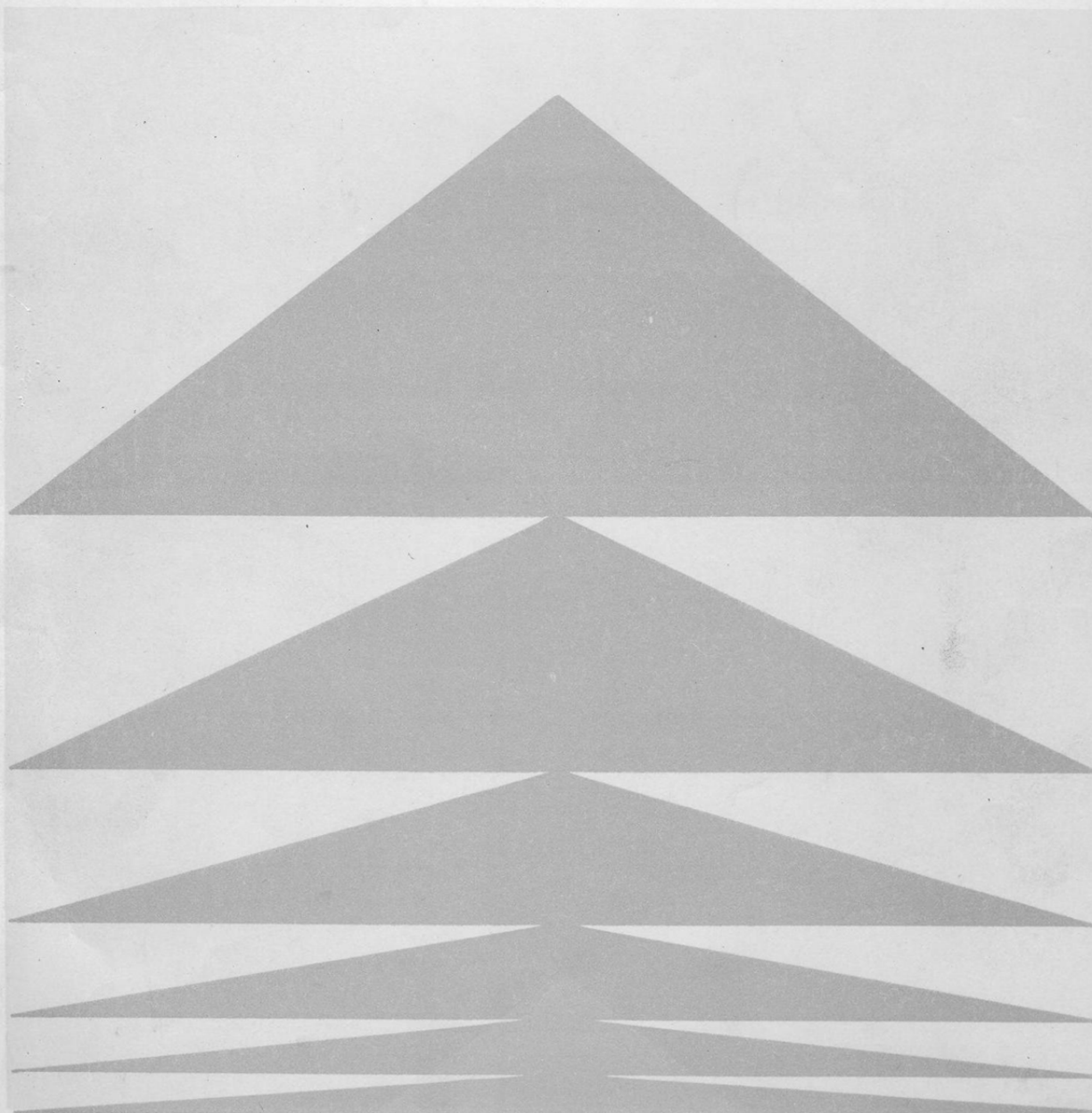


INSTITUTO NACIONAL DE PESCA
INFORMACION

**ASPECTOS GENERALES SOBRE
LA CONTAMINACION DEL AGUA**

MEXICO, 1975



JAVIER CONTRERAS MARTINEZ:

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA CONTAMINACION DEL AGUA

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA
C.T. 1975

Origen de esta publicación

Continuamente acuden al Instituto Nacional de Pesca personas que solicitan información sobre la contaminación del agua. Debido a ello en este estudio damos a conocer, en forma general, aspectos de la contaminación, causas que la provocan y los posibles métodos de controlarla.

Resumen

Este trabajo es una investigación de los diferentes aspectos de la contaminación en el agua. Entre otros, menciona la situación actual del problema: los tipos, fuentes y efectos de la contaminación, así como el muestreo, análisis y posible tratamiento del agua utilizada.

JAVIER CONTRERAS MARTÍNEZ

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Distribución

Institutos pesqueros con los que mantiene intercambio el Instituto Nacional de Pesca, pescadores, cooperativas e industriales mexicanos interesados

Cita bibliográfica

Contreras Martínez, Javier. Aspectos Generales sobre la Contaminación del Agua. 1975 Inst. Nal. de Pesca. INP/SI:i32.

CONTENIDO

	<i>Página</i>
Introducción	1
Tipos de contaminantes	1
Fuentes de contaminación	4
Muestreo y análisis	14
Tratamiento del agua	16
Conclusiones	18
Bibliografía	20

INTRODUCCION

Con el presente folleto se pretende dar un panorama general de lo que significa la contaminación, exponiendo las causas que la provocan para tener una idea de la evaluación de la calidad del agua y sus posibles métodos de control.

Debido al crecimiento demográfico, las civilizaciones modernas han desarrollado técnicas diversas para utilizar menos recursos y acrecentar su productividad. Pero el desarrollo de los pueblos no sólo se basa en el máximo aprovechamiento de sus productos. Para alcanzar una prosperidad estable y duradera, es preciso visualizar el futuro y preservar los recursos naturales.

Desde hace muchos años, México ha tenido que enfrentarse al grave problema de la contaminación de sus aguas subterráneas, superficiales y marítimas que se han convertido en portadoras de contaminantes físicos, químicos y biológicos que perjudican la salud de sus consumidores. El hombre ha degradado las corrientes al hacer llegar a ellas sus descargas municipales, las aguas industriales residuales y las de retorno agrícola, llenándolas de desechos orgánicos e inorgánicos que afectan notablemente su pureza y potabilidad.

La contaminación del agua, por lo tanto, como la mayor parte de las otras formas de contaminación ambiental, constituye uno de los problemas principales en demanda de soluciones rápidas y efectivas. Hasta el momento no se ha establecido una definición precisa para contaminación del medio ambiente, pero se puede decir que es *toda transformación desnaturalizante y perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas de agua, aire y tierra, que afectan o afectarán nocivamente la vida humana y la de las especies animales o vegetales.*

La contaminación del agua es producida, en alto grado, por la densidad de población y se debe al crecimiento urbano e industrial, en constante aumento.

La acción del hombre para combatir la contaminación debe enfocarse a mantener el agua con una calidad semejante a la de su condición natural. Un diagrama apropiado, que nos da idea para planear solución a la contaminación, se muestra en la *Figura 1.*

TIPOS DE CONTAMINANTES

Los contaminantes que llegan a los diferentes cuerpos de agua se clasifican por su tipo y por su fuente. De esta forma, se tiene:

- | | |
|-------------|--|
| 1) Físicos | { a) Materia sólida
b) Temperatura
c) pH |
| 2) Químicos | { a) Orgánicos
b) Inorgánicos |

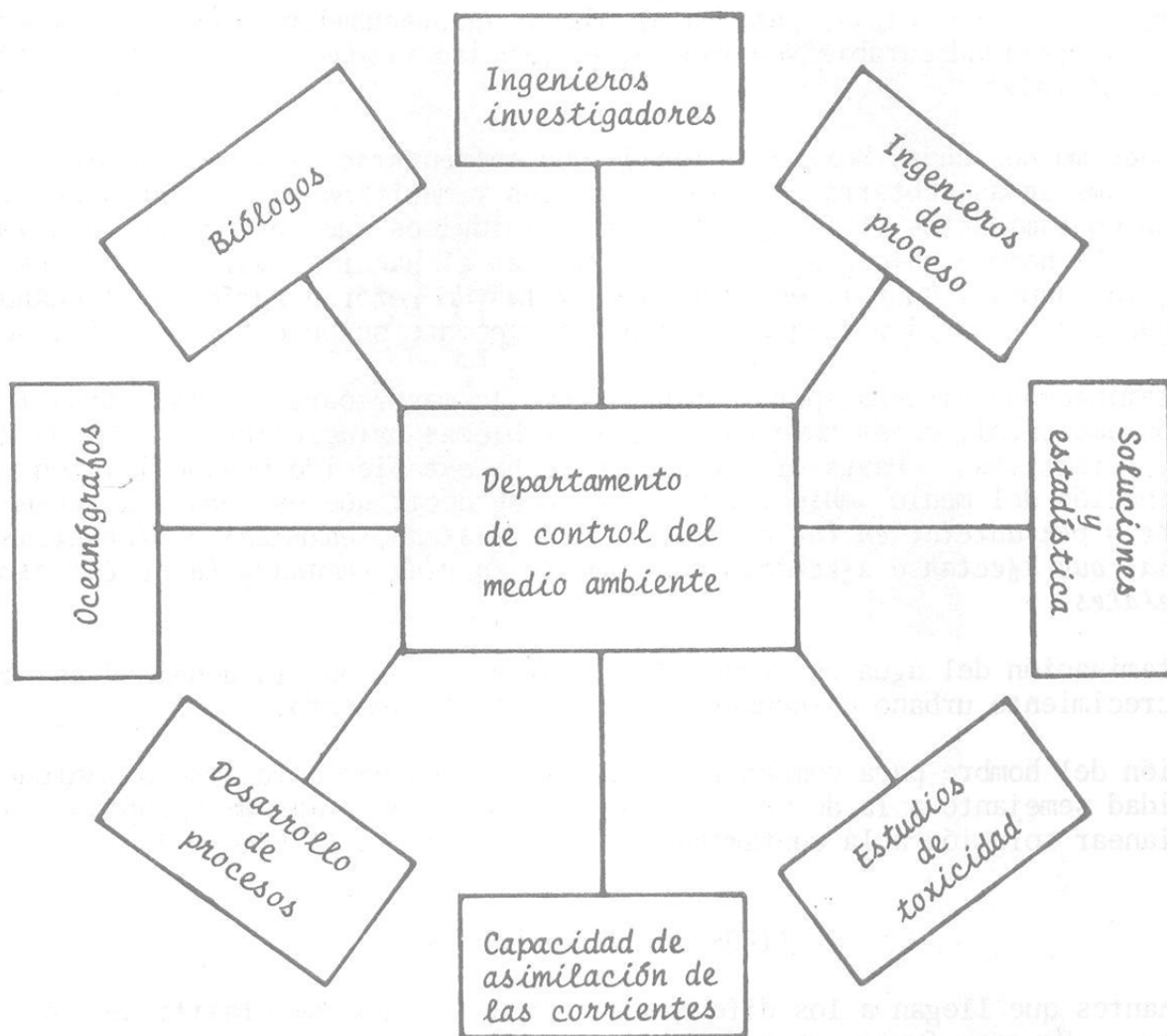


Fig. 1. Integración apropiada para la planeación del control de la contaminación del medio ambiente.

3) Biológicos o bacteriológicos

- a) Bacterias totales
- b) Bacterias fecales
- c) Bacterias patógenas
- d) Protozoarios
- e) Virus

4) Tóxicos

- a) Plaguicidas
- b) Metales pesados
- c) Radiactividad

Insecticidas
Herbicidas
Rodenticidas
Fungicidas, etc.

Cadmio
Plomo
Mercurio
Cobre
Zinc
Cromo

Radio
Estroncio
Uranio

Los contaminantes físicos comprenden diferentes formas de materia sólida que provocan turbiedad en el agua. La materia sólida puede ser soluble e insoluble; esta última puede ser sedimentable o suspendida. Los principales efectos producidos por este tipo de contaminantes son antiestéticos; la turbiedad causada por esta materia evita que los procesos fotosintéticos se desarrollen adecuadamente, disminuyendo la reoxigenación de las capas inferiores del agua.

Al aumentar la temperatura del agua, disminuye la solubilidad del oxígeno y por consiguiente se dispone de una menor cantidad de ese elemento disuelto en el agua. Al mismo tiempo, todo incremento en temperatura implica aumento de la tasa metabólica de los organismos, de tal manera que requieren mayores cantidades de oxígeno en un tiempo más corto. Esto perjudica en especial a los organismos superiores como los peces, que requieren altos niveles de oxígeno disuelto y no se encuentra en cantidades suficientes por haber sido utilizado más rápidamente por los microorganismos acuáticos.

El rango de pH aceptable en los cuerpos receptores, varía de 6.5 a 8.5. Cuando el pH aumenta, disminuye la productividad; las aguas con valores relativamente altos o bajos de pH son tóxicas para los peces y otros organismos.

Los contaminantes químicos se dividen en dos grupos: orgánicos e inorgánicos.

Las sustancias orgánicas, al entrar en descomposición biológica, requieren el oxígeno disuelto del agua. La cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para estabilizar la materia orgánica en medio aerobio, se denomina *demanda bioquímica de oxígeno*. Con

frecuencia se requiere cierta cantidad de oxígeno para oxidar totalmente la materia orgánica, y para ello se utiliza un oxidante químico; a esto se denomina *demanda química de oxígeno*.

Las sustancias inorgánicas se determinan como sólidos disueltos, midiendo la conductividad eléctrica del agua. Estas sustancias no representan mayores problemas a menos que haya concentraciones muy elevadas provocando salinidad excesiva del agua. Otras sustancias inorgánicas, como sales de fósforo, nitrógeno y potasio, tienen importancia relevante por ser los principales nutrientes requeridos para el desarrollo de todas las formas de plancton.

Sin embargo, en grandes cantidades provocan el fenómeno de eutroficación, o sea el envejecimiento acelerado de los lagos o cuerpos receptores de aguas estancadas o semiestancadas, cuya principal manifestación es el crecimiento desmesurado de algas que a su vez rompen el equilibrio ecológico existente. Al morir, estas grandes masas de algas entran en descomposición y agotan los recursos de oxígeno del agua, ocasionando el desprendimiento de los nutrientes de las algas muertas, la formación de azolves, y produciendo malos olores y sabores.

Los contaminantes bacteriológicos, a través de las bacterias patógenas, causan enfermedades hídricas de las poblaciones. Para la identificación de la calidad bacteriológica del agua se emplean diversos índices de contaminación. En general, se prefieren las bacterias que acompañan a las de la flora entérica patógena, más abundantes y fáciles de poner en evidencia mediante pruebas rutinarias, como son el número más probable (NMP) de coliformes. Otros microorganismos que sirven como índice de contaminación son: *E. coli*, *Streptococcus fecalis*, *Glostridium perfringens*, *Candida*, etc.

Las sustancias tóxicas presentan dos tipos de toxicidad: inmediata y a largo plazo.

Los efectos tóxicos inmediatos pueden llegar a manifestarse en proporciones muy grandes, como por ejemplo la muerte de varios millones de peces provocada por el derrame de una gran cantidad de DDT. Sin embargo, pequeñas cantidades de DDT que se derraman no son suficientes para causar una toxicidad inmediata; éstas se incorporan a los organismos a través de la cadena alimenticia y por esa vía llegan al hombre (Figura 2).

Ciertas sustancias como algunos plaguicidas y compuestos orgánicos de metales pesados tienen afinidad a los lípidos, y se acumulan fácilmente en los tejidos grasos de los animales y humanos hasta llegar a concentraciones tóxicas.

Las sustancias radiactivas, contaminantes potenciales, son dañinas a la salud y producen alteraciones genéticas. Estas sustancias no son destructibles por ningún método químico ó físico conocido. Deben ser depositadas en disolución con agua o por medio de isótopos estables.

FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Los contaminantes del agua se originan en diferentes fuentes; sin embargo, las actividades propias del hombre para asegurar su subsistencia en la tierra constituyen la fuente principal.

Podemos señalar como principales fuentes de contaminación del agua, en México, a la industria del petróleo y sus derivados, aguas negras, aguas de desechos de las industrias

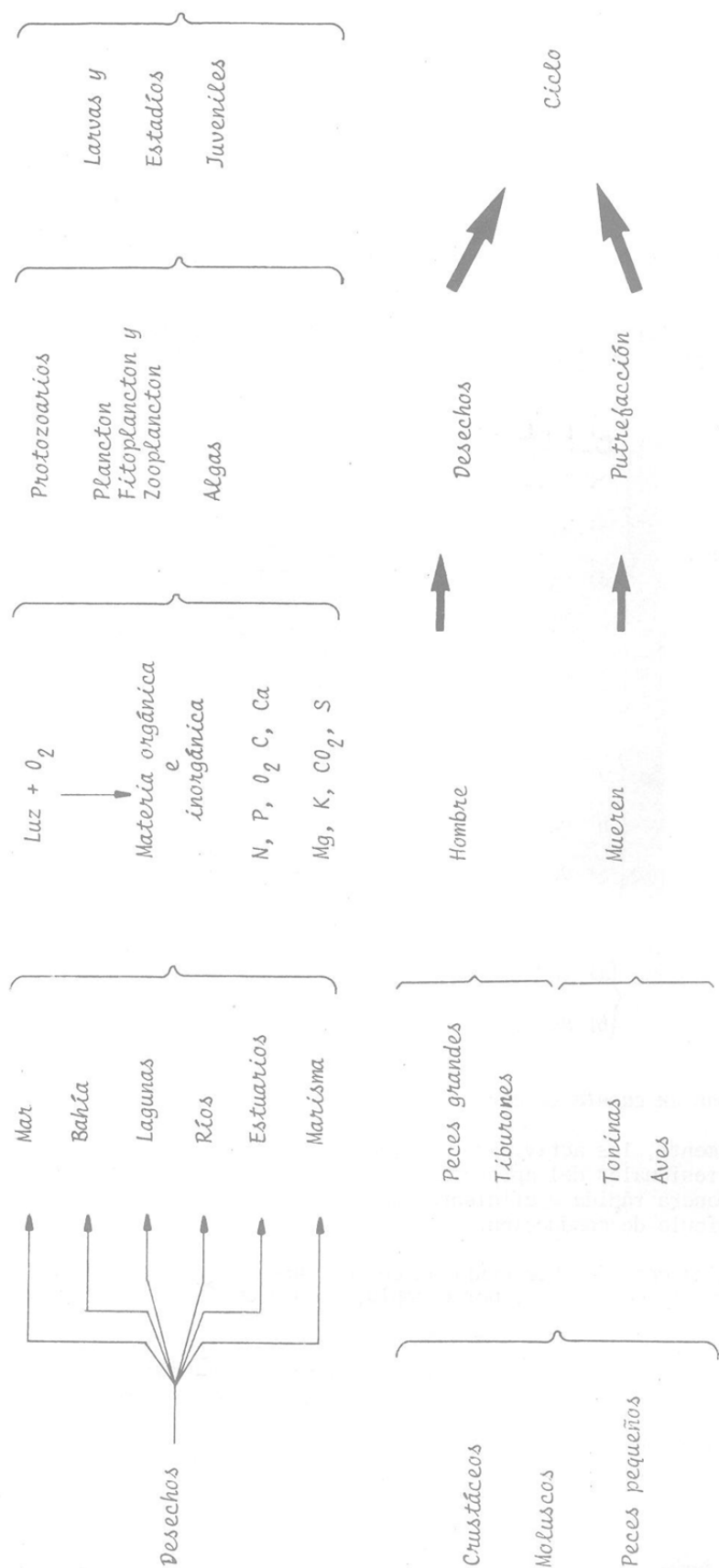


Fig. 2. En la cadena alimenticia de una corriente contaminada, las aguas negras y otras materias orgánicas putrescibles que entran al flujo de una corriente se transforman en elementos nutrientes por la acción del oxígeno y de la luz; éstos son asimilados por el plancton (fitoplancton y zooplancton), el cual sirve de alimento a protozoarios, moluscos y larvas de crustáceos que a su vez nutren a crustáceos adultos y a peces pequeños, los cuales son digeridos por peces mayores, tiburones, tonínas y aves; algunos de los peces son consumidos por el hombre, otros mueren, se descomponen y el ciclo se forma. Si hay descargas de residuos de plaguicidas, éstos se acumulan hasta llegar al hombre en el que provocan efectos deletéreos.

cervecería, azucarera, de cemento, alimenticia, minera, de celulosa, fibras artificiales, productos farmacéuticos y, por último, a las que se desprenden de las actividades agrícola y ganadera.

En general, podemos clasificar las fuentes de contaminantes en tres grandes grupos, tal como se presentan en la tabla siguiente:

- | | |
|---------------------------|---|
| 1) Actividades del hombre | { <ul style="list-style-type: none"> a) Domésticas b) Industriales c) Municipales d) Agrícolas e) Ganaderas f) Navegación |
| 2) Naturales* | { <ul style="list-style-type: none"> a) Erosión b) Desequilibrios ecológicos c) Descomposición de materia vegetal |
| 3) Accidentales | { <ul style="list-style-type: none"> a) Industrial b) Marítima |

* Algunos autores no toman en cuenta la contaminación natural.

Directa o indirectamente, las actividades del hombre producen alguna forma de contaminación. Los desechos residuales del aprovechamiento de los recursos naturales requieren ser desalojados de una manera rápida y eficiente; hasta la fecha, esto se ha practicado utilizando agua como vehículo de conducción.

En el hogar se origina considerable cantidad de desechos. Estos son ocasionados por las actividades que requieren empleo de agua; por ejemplo, el uso de los sanitarios o la limpieza en general.

Por lo que respecta a las aguas negras, podemos señalar que además del trastorno que ocasionan estos desechos en las zonas del altiplano de México, en las ciudades costeras se agrava el problema debido a la antigua práctica de arrojar los desechos al mar sin el más mínimo análisis del sitio de descarga, confiando en la enorme capacidad de disolución, dispersión y difusión de los desechos que presenta el mar.

Las actividades industriales producen una gran cantidad de desechos líquidos y sólidos. Estos desechos, que componen sustancias orgánicas e inorgánicas, disueltas y en suspensión, son desalojados en la mayoría de los casos en forma líquida y constituyen una de las principales fuentes de contaminación en el mundo entero.

La contaminación municipal es el resultado de la combinación de aguas residuales domésticas y desechos industriales.

Por lo que concierne a las actividades agrícola y ganadera, los drenajes de aguas de retorno de los campos agrícolas pueden llegar a constituir la principal fuente de sustancias objetables, tales como fertilizantes y plaguicidas.

Generalmente, la navegación no produce contaminación apreciable; sin embargo, las operaciones de transporte del petróleo crudo y sus derivados dan origen a que se contaminen las zonas portuarias y costeras, durante la carga y descarga del material y limpieza de tanques.

Las fuentes naturales de contaminación comprenden los tres principales tipos anotados anteriormente, de los cuales la erosión natural representa mayor parte. El hombre ocasiona gran parte de la erosión con sus actividades agrícolas. Lógicamente, esta erosión no es natural, podría reducirse mediante prácticas de cultivo adecuadas.

Los desequilibrios ecológicos, como por ejemplo el ocasionado por la marea roja, son fenómenos naturales que se presentan con cierta periodicidad por la acumulación o agotamiento de algunas sustancias o elementos que controlan el desarrollo de un organismo particular, de tal manera que se provoca el crecimiento explosivo de dicho organismo y con ello problemas de contaminación, bien por la presencia de gran número de estos organismos que desplazan a otros habitantes normales del ecosistema, o simplemente porque llegan a agotar los recursos naturales de la región.

La descomposición de la materia vegetal como hojas, ramas de árbol y raíces produce contaminación durante cierta época del año. Principalmente, llega a producirse cierta coloración del agua por el desprendimiento de taninos y otras sustancias orgánicas. Surge el humus como consecuencia de dicha descomposición, el cual contiene compuestos orgánicos del fierro que contribuyen a la coloración.

Los accidentes constituyen uno de los riesgos de diversas actividades industriales. Muchos de los accidentes podrían evitarse procurando que los trabajadores tuvieran mayor cuidado al desempeñar sus labores, ya que dentro de las fábricas y plantas industriales ocurren derrames de las sustancias que allí se manejan. Se ha presentado el caso de que, en una fábrica, por ejemplo, fue abierta por error la válvula de descarga de materia prima o producto elaborado; esto es ampliamente contaminante para las aguas receptoras. Por último, señalaremos los accidentes que sufren los barcos-tanque, etc.

A continuación se enumeran algunos tipos de desecho que arrojan diferentes industrias, así como los efectos que causan en el cuerpo receptor.

Desechos de aserraderos y explotación de bosques

Origen y tipo. Los desechos se originan en los aserraderos y en los bosques en donde se explota la madera. La basura del aserradero, de aserrín y corteza, puede ser descargada

directamente o permitir que sea acarreada con las lluvias por el río. Los azúcares de madera, lignina y tanino son extraídos por las aguas de los montones de basura, de modo que los escurrimientos llegan al río y son las causas principales de contaminación. Los desechos de bosques, cenizas y cieno pueden ser acarreados de tierras quemadas y taladas.

Efecto de la descarga. Las partículas finas de aserrín, madera y cenizas asfixian a los peces por obstrucción de sus agallas. El aserrín y la corteza se sedimentan en el fondo y forman bancos de lodo que asfixian a las crías, destruyen las camas de desove y la vida acuática. Materia orgánica tal como azúcar y lignina elimina el oxígeno del agua a través de la acción bacteriana.

Desechos de destilerías

Origen y tipo. La destilación y fermentación del maíz, centeno y malta para la producción de whisky, y jugo de caña para producir ron y alcohol, eliminan desechos de alto contenido orgánico que tienen gran cantidad de la materia sólida original en solución o en suspensión.

Efecto de la descarga. Los sólidos de los desechos pueden formar bancos de lodo, los cuales asfixian flora y fauna acuáticas que se encuentran en el lecho del río. Estos lodos son muy inestables y al putrificarse consumen el oxígeno del agua.

Desechos de empacadoras de conservas

Origen y tipo. Los desechos están compuestos de aguas usadas en la limpieza del producto crudo que va a ser procesado, y aguas de lavado de pisos y equipo. Estos desechos contienen partículas del producto, cáscaras, semillas, pellejos, jugos, etc.

Efecto de la descarga. Los sólidos de los desechos forman bancos de lodo, los cuales cubren el lecho del río. Los sólidos disueltos y la materia orgánica consumen el oxígeno del agua a través de la acción bacteriana, desarrollándose malos olores por la descomposición anaerobia.

Desechos de la fabricación de cerveza

Origen y tipo. Los desechos están formados principalmente de líquidos provenientes del prensado de granos mojados, de las operaciones de recuperación de levaduras y desechos líquidos en los departamentos de elaboración de cerveza, fermentación, almacenamiento y envase.

Efecto de la descarga. Los sólidos orgánicos forman bancos de lodo, los cuales cubren el lecho del río, pudriéndose y ocasionando malos olores y alta demanda bioquímica de oxígeno.

Desechos de la fabricación de productos químicos

Origen y tipo. Los desechos de cada planta varían mucho de una planta a otra, de manera que deben estudiarse separadamente. Pueden contener ácidos, álcalis, color, materia orgánica, sólidos inertes, compuestos orgánicos, tóxicos, etc.

Efecto de la descarga. Los desechos sólidos flotan en la superficie o se sedimentan, impidiendo la actividad fotosintética de la flora acuática; los tóxicos matan la vida acuática.

tica, y su color resulta desagradable a la vista. Los productos químicos de los desechos tienen alta demanda inicial de oxígeno.

Desechos de la fabricación de rayón

Origen y tipo. Los desechos de la manufactura de rayón y viscosa se originan en el departamento de manufactura de viscosa y contienen sosa cáustica, viscosa y hemicelulosa. Los desechos de los departamentos de hilados y conexos contienen ácido sulfúrico, viscosa, glucosa y compuestos de sodio y azufre. Otras sustancias químicas y desechos de la manufactura de acetato de rayón, originados principalmente en los departamentos de recuperación de acetato de celulosa y ácidos, contienen acetona, ácido acético, hemicelulosa, acetato de celulosa y otras sustancias químicas usadas en el proceso.

Efecto de la descarga. La viscosa se convierte en celulosa y en forma de fibras se sedimenta en el lecho del río, cubriéndolo y destruyendo la vida acuática. En grandes cantidades, las fibras asfixian a los peces por obstrucción de sus agallas. Los ácidos destruyen la vida acuática por acción directa o se combinan con sustancias químicas dentro del agua, formando precipitados que cubren el fondo del río. La mayor parte de la materia orgánica, incluyendo ácido acético y azúcar, elimina el oxígeno del agua a través de la acción bacteriana. El azufre puede precipitarse enturbiando el agua, dándole una apariencia lechosa. Si los desechos están presentes en grandes cantidades y la corriente sobrecargada, puede generarse ácido sulfídrico bajo ciertas condiciones.

Desechos de la fabricación de tejidos

Origen y tipo. Las aguas del lavado de lana son amarillentas; frecuentemente, este líquido turbio es cubierto con una nata grasosa que resulta de las operaciones de limpieza y contiene metales pesados, impurezas, fibras de lana, estiércol, grasa de lana y detergentes usados en el lavado. El algodón es sometido a un proceso de blanqueado para limpiarlo y hacerlo más absorbente. Los residuos contienen grasas vegetales, ceras, resinas, fragmentos de capullo de algodón, fibras de algodón, almidón y otros materiales viscosos, sosa cáustica, carbonato de calcio y otros productos químicos, y aceite.

Efecto de la descarga. Los sólidos pesados de los desechos se sedimentan formando bancos de lodo, y al cubrir el fondo del río destruyen la vida acuática. Estos bancos de lodo se descomponen reduciendo la cantidad de oxígeno del agua. Las tinturas colorean y remueven un porcentaje de oxígeno. Algunos desechos producen grasas y natas flotantes repugnantes que evitan la fotosíntesis, y otros pueden ser tóxicos para la vida acuática.

Desechos de lavandería

Origen y tipo. El desecho es el agua sucia de las máquinas lavadoras; es fuertemente alcalino, turbio, altamente coloreado y contiene jabón, carbonato de sodio, grasa, suciedad, tintes y partículas de tela. Tiene un alto contenido de materia orgánica.

Efecto de la descarga. Los sólidos se sedimentan cubriendo el lecho del río y, siendo putrescibles, consumen el oxígeno del agua y generan olores desagradables. Se forman natas repugnantes en la superficie, impidiendo la entrada del sol; los álcalis y jabones pueden afectar a los peces y a la vida acuática.

Desechos de minas

Origen y tipo. Los desechos son aguas ácidas drenadas de minas activas o abandonadas, contienen ácido sulfúrico y sales de fierro; las aguas de lavado de plantas de preparación de carbón mineral contienen cieno, arena y carbón fino.

Efecto de la descarga. Las aguas ácidas destruyen los peces y la vida acuática. Las sales del fierro se precipitan y cubren el lecho del río. Esto las vuelve ácidas, incrementa su dureza, su corrosividad y las hace más difíciles de tratar para usos domésticos e industriales. La materia en el agua de lavado forma bancos de lodo que destruyen la vida en el fondo del río, llena depósitos y embalses y puede incrementar el peligro de las inundaciones.

Desechos de petróleo

Origen y tipo. Los desechos de campos petroleros pueden contener petróleo crudo, materia suspendida y salmueras. Los desechos de las refinerías suelen contener aceites libres y en emulsión, fenoles y compuestos fenólicos, álcalis, ácidos, sales, plomo, otros productos químicos, materias en solución y suspensión.

Efecto de la descarga. El petróleo flota en la superficie, cubre las orillas del río y las plantas acuáticas, forma una repugnante película que retarda la aereación natural del agua y la realización de la fotosíntesis. Los fenoles y otras sustancias químicas causan sabores y olores desagradables tanto al agua como a los productos marinos; los compuestos orgánicos remueven el oxígeno del agua por acción bacteriana. Algunas sustancias químicas absorben el oxígeno directamente del agua mientras que otras son venenosas para la vida acuática.

Desechos de plantas embotelladoras (refrescos)

Origen y tipo. Los desechos están compuestos de aguas del lavado de equipo de las plantas y del lavado de botellas. Contienen basura, residuos de materiales usados para el lavado, azúcares y jarabes.

Efecto de la descarga. Los azúcares y jarabes eliminan el oxígeno de las corrientes a través de la acción bacteriana, llegando a provocar asfixia a las especies acuáticas.

Desechos de plantas lecheras

Origen y tipo. Los desechos consisten de leche entera, espuma, mantequilla, productos químicos y aguas de lavado de las lavadoras de botes, botellas, tanques y equipo.

Efecto de la descarga. Los sólidos de los desechos producen turbiedad, cubren el río y son putrescibles, aumentan la demanda química de oxígeno y generan olores desagradables. Los sólidos disueltos o la materia orgánica remueven el oxígeno del agua a través de la acción bacteriana.

Desechos de plantas metalúrgicas

Origen y tipo. Los desechos de las industrias que trabajan metales contienen el aceite utilizado en trabajos de corte y enfriamiento; soluciones desoxidadoras ácidas o alcalinas; soluciones metálicas de cianuro y sales metálicas para la operación de chapeado; cianuro proveniente de operaciones de tratamiento por temperatura y sulfato ó hidróxido ferroso en operaciones de desoxidado.

Efecto de la descarga. Los aceites de corte y enfriamiento cubren el lecho del río e inhiben el crecimiento acuático con lodos aceitosos que son generalmente de naturaleza orgánica y que remueven el oxígeno del agua por acción de las bacterias. Los ácidos y álcalis destruyen flora y fauna acuáticas y agregan características indeseables a las aguas. Los cianuros y la mayoría de las sales metálicas son tóxicas a la vida acuática (vegetal y animal). El hidróxido ferroso remueve oxígeno por acción química, y el fierro se precipita y cubre el lecho del río destruyendo la vida acuática.

Desechos de plantas productoras de gas

Origen y tipo. Desechos originados en los enfriadores de amoníaco líquido, destiladoras de amoníaco, enfriadores y torres de absorción. Contienen fenol, cresol, etc.

Efecto de la descarga. El fenol es tóxico para los peces en pequeñas concentraciones, da un sabor desagradable a las aguas si está presente una parte del mismo en diez millones de partes de agua. Cuando el agua está clorada, el fenol puede producir un sabor medicinal.

Desechos de pulpa y papel

Origen y tipo. Las principales fuentes de desechos de la industria de la pulpa son los líquidos digeridos, desechos de operaciones de descortezado y desmenuzado, desechos de cribas, escofinas, máquinas de anudar, espesadoras y máquinas blanqueadoras; contienen varias sustancias químicas usadas para el proceso, sales de lignina, azúcares de madera y fibras. Los desechos de las industrias del papel contienen fibras de celulosa, cola, minerales de relleno, suciedad y materia orgánica disuelta.

Efecto de la descarga. Los desechos causan turbiedad a las corrientes y forman bancos de lodo que cubren el lecho del río y se descomponen, provocando una demanda bioquímica de oxígeno. Los desechos pueden transformar las aguas en ácidas o altamente alcalinas, de color y olor desagradables; las fibras pueden obstruir las agallas de los peces.

Desechos de rastros y empacadoras de carne

Origen y tipo. Los desechos son agua usada para el lavado y contienen sangre, grasa, estiércol, pellejos y partículas de carne.

Efecto de la descarga. Los desechos contienen materia que se descompone rápidamente y remueven el oxígeno del agua a través de la acción bacteriana. La materia pesada se sedimenta. Grasas y natas flotan sobre la superficie cubriendo las orillas e impidiendo la acción fotosintética y el crecimiento de la vegetación acuática.

Desechos de tenerías

Origen y tipo. Los desechos son aguas de lavado de cueros frescos, de tanques de cal, máquinas depiladoras, aguas de enjuague de los pisos donde se coloca la carnaza, líquidos gastados en el curtido y agua en general. Estos desechos contienen sales, impurezas, estiércol, sangre, cerdas, cal, piezas de carne, materiales vegetales de curtido, sales de cromo y aluminio y tintes varios.

Efecto de la descarga. Estos desechos remueven oxígeno del agua por la acción química y a través de la descomposición de la materia orgánica. Los materiales pesados se sedimentan y forman bancos de lodo cuya digestión consume oxígeno del agua, generando olores desagradables. Colorean las aguas directamente o a través de reacciones con las sales de fierro en el río. Las sales de cromo en pequeñas concentraciones son tóxicas a la vida acuática.

Desechos de granjas

Origen y tipo. Los desechos de granjas se originan en corrales, comederos y campos recién arados. Estos desechos contienen materia orgánica y estiércol provenientes del drenaje de los comederos y pilas de estiércol, así como cieno y materia orgánica del lavado de los campos.

Efecto de la descarga. El cieno se sedimenta reduciendo la capacidad de autopurificación y absorbiendo el oxígeno del agua. Produce malos olores debido a la descomposición bacteriana en fase anaerobia.

Desechos municipales

Origen y tipo. Las aguas negras de la población contienen residuos que la gente vierte al drenaje, descargas de los sanitarios y, además, basura y polvos del lavado de calles; su contenido más nocivo son las bacterias patógenas que causan enfermedades.

Efecto de la descarga. Las aguas negras no son apropiadas para uso sin previo tratamiento, por los sabores, olores y enfermedades que producen las bacterias. Forman bancos de lodo que son indeseables y altamente putrescibles y consumen el oxígeno del agua. El río se convierte en una corriente repugnante a causa de la materia flotante, la película oleosa y la nata, todo lo cual crea olores desagradables y nauseabundos.

Desechos agrícolas

Origen y tipo. Estos desechos son de aguas de lavado de los campos agrícolas, de los escurremientos de las lluvias, de las aguas de drenaje de las tierras, filtraciones del agua de riego de los campos, etc. Los desechos contienen grandes cantidades de sólidos, plaguicidas (de diferentes tipos), sales de potasio, fósforo y nitrógeno, así como materia orgánica.

Efecto de la descarga. Los sólidos se depositan en el fondo del río ejerciendo una DBO; los plaguicidas en pequeñas concentraciones son tóxicos para todas las formas de vida acuática; los fertilizantes ocasionan un crecimiento desmedido de algas, lirio acuático, etc., impidiendo la reaeración atmosférica y la fotosíntesis; la materia orgánica provoca demanda de oxígeno.

La *Figura 3* muestra los efectos en la vida animal acuática de los diferentes desechos arrojados por los cuerpos receptores.



Fig. 3.

La contaminación de las aguas que contienen sustancias tóxicas como mercurio, halógenos, plaguicidas, arsénico, cianuro, bacterias patógenas, etc. provoca enfermedades en los seres humanos, tales como cólera, fiebre tifoidea, trastornos mentales y otras igualmente graves; en los peces, termosis, halosis, intoxicación, etc.

Los nutrientes químicos (nitrógeno y fósforo) en grandes cantidades provocan el crecimiento desmedido de algas y lirio acuático, las que requieren gran cantidad de oxígeno para su descomposición, aumentando la DBO y ocasionando asfixia a los peces y eutroficación a los cuerpos de agua cerrados o semicerrados.

MUESTREO Y ANALISIS

En la planeación y desarrollo de un programa tanto específico como general para el control efectivo de la contaminación, intervienen cuatro factores fundamentales que bien ponderados pueden conducir a la solución más conveniente del problema en cuestión, a saber:

- a) Factor económico
- b) Factor tecnológico
- c) Factor educacional
- d) Factor legislativo

Los primeros pasos para el desarrollo de un programa de control de contaminación están representados por el muestreo y análisis, de cuyos resultados dependerá la acción mediata o inmediata a tomar, previa ponderación de los cuatro factores mencionados anteriormente.

Muestreo

El muestreo es la fase más importante en la determinación analítica de un cuerpo de agua. Los puntos de colección de las muestras deberán ser seleccionados tomando en cuenta las fuentes de contaminación, dilución por corrientes ramificadas, cambio en la topografía y declive del río.

Clasificación del muestreo

1. *Muestra simple.* Consiste en tomar una sola muestra para analizar, aunque esto presenta el riesgo de no indicar las variaciones de calidad que pudiera haber en el suministro de agua.
2. *Muestreo promedio.* Se obtiene a partir del promedio aritmético de los resultados de varias muestras simples a intervalos de horas, días, etc. y proporciona una estadística de las variaciones de calidad del agua.
3. *Muestra compuesta según el volumen.* Se obtiene mezclando varias muestras simples de igual volumen, pero todas en un lapso determinado y a intervalos fijos. Esto da una indicación más precisa de la calidad promedio del agua.
4. *Muestreo promedio según su masa contaminante.* Al igual que la anterior, se aplica para el análisis de aguas negras y de desecho industrial; consiste en hacer una mezcla de varias muestras tomadas en proporción de agua. Este método también está basado en la masa de los desperdicios industriales que se tiran cada día.

El intervalo de tiempo entre la recolección de la muestra y su análisis debe ser el menor posible, ya que la composición de la muestra puede variar antes de llegar al laboratorio.

Es imposible precisar el tiempo que puede transcurrir entre la recolección de una muestra y su análisis, pues depende del índole de la muestra, del análisis particular por verificar y de las condiciones de almacenamiento.

Se sugieren como razonables los siguientes límites máximos para muestras destinadas a análisis físicos y químicos, con la debida preservación y refrigeración:

Aguas no contaminadas	72 horas.
Aguas ligeramente contaminadas	48 horas.
Aguas contaminadas	12 horas.

Análisis

En la planeación de un programa analítico debemos tomar en cuenta cuatro consideraciones fundamentales:

- a) Determinar qué punto del sistema necesita control y por lo tanto análisis.
- b) Determinar cuáles contaminantes requieren control.
- c) Determinar qué método se debe aplicar en la cuantificación de cada contaminante en particular.
- d) Determinar con qué frecuencia el contaminante debe ser cuantificado.

De considerable ayuda en la determinación de contaminantes que puedan estar presentes en cantidades problemáticas es el uso de métodos analíticos cualitativos o semicuantitativos rutinarios, tales como las técnicas de emisión óptica o colorimétricas que son rápidas y pueden analizar un gran número de constituyentes presentes en el agua.

Una vez conocidos los constituyentes presentes en el agua, debe elegirse el método más adecuado para su cuantificación directa o mediante el conocimiento de los parámetros involucrados, entendiéndose por parámetros el resultado de una determinación generalmente sencilla que indirectamente nos da una idea muy clara de un grupo de contaminantes presentes, como por ejemplo: la determinación de pH, oxígeno disuelto cuyo valor numérico indirectamente nos indica la presencia de alcalinidad o acidez y la presencia de materia orgánica o inorgánica, respectivamente.

En la selección del método analítico deben de tomarse en cuenta los siguientes factores:

- a) Sensibilidad deseada.
- b) Interferencias presentes.
- c) Precisión y exactitud tolerables.
- d) Rapidez y costo del análisis.

Los métodos de alta precisión se usan únicamente cuando ésta es requerida y cuando muchas interferencias pueden hallarse presentes; sin embargo, estos métodos son usualmente complicados y laboriosos, además de que requieren mucho tiempo y en ocasiones su uso no justifica tales costo y tiempo empleados.

En la actualidad se han desarrollado diversos métodos analíticos que se basan en técnicas espectrofotométricas, espectroscópicas, radioquímicas, fotométricas, refractométricas, polarimétricas, potenciométricas, cromatográficas, interferométricas, etc. Sin embargo, por su maniabilidad y rapidez en la realización de análisis, se usan las técnicas espectrofotométricas, potenciométricas, cromatográficas y otras.

Interpretación de resultados

Los resultados analíticos deben interpretarse previo conocimiento estadístico del problema global, para lo cual es necesario contar con un número de resultados tales que permitan expresar los valores con un factor de confianza que defina si el contaminante o contaminantes en cuestión están dentro ó fuera de los límites de control. El factor de confianza recomendable, de acuerdo a experiencias, es de 75%.

Finalmente, para definir si existe o no problema de contaminación en un cuerpo receptor específico, deberá atenderse única y exclusivamente al uso ó destino final del agua en cuestión.

TRATAMIENTO DEL AGUA

Al referirse en particular al problema de la contaminación del agua, debe reflexionarse sobre su característica de solvente casi universal, esto es, que esta característica hace que el agua que se pueda obtener en cualquier punto del planeta contenga una cierta cantidad de sales disueltas y, según el tipo de fuente de donde provenga, podrá contener otro tipo de impurezas, tales como materia orgánica, sólidos, color, etc.

El hombre, al usar el agua en su provecho, agrega más impurezas, siendo éstas producto del empleo del agua para fines domésticos, industriales o agrícolas. Este aumento de desechos en el agua ha llegado a niveles alarmantes y el hombre, que contribuye a aumentar la contaminación, debe aplicar sus conocimientos para resolver este grave problema.

Los métodos para el tratamiento de aguas residuales se han desarrollado persiguiendo dos fines principales: la remoción de sólidos y la estabilización biológica de la materia orgánica. Para esto, se ha tomado como modelo el proceso que la propia naturaleza lleva a cabo, poniéndolo bajo control y acelerándolo con el empleo de dispositivos ideados por el hombre.

Existen varios grados de tratamiento, los cuales son:

- 1) Tratamiento preliminar.
- 2) Tratamiento primario.
- 3) Tratamiento secundario ó biológico.
- 4) Tratamiento terciario ó avanzado.

Tratamiento preliminar. Es el conjunto de medidas que se emplean para remover de las aguas residuales los objetos que, por su peso ó volumen, pueden entorpecer el buen funcionamiento de dispositivos mecánicos tales como bombas, tuberías, etc.

El tratamiento preliminar consiste en una serie de rejillas o cribas que retienen materia voluminosa que pudiera originar problemas al sistema, como se aclaró ya antes. En la actualidad, se emplean conjuntamente con las rejillas dispositivos suplementarios, con el propósito de reducir el tamaño de los sólidos retenidos, moliéndolos o triturándolos.

Generalmente, en los sistemas colectores combinados de aguas residuales se encuentra mucha materia arenosa que, si no se remueve, causa desgastes en bombas, tuberías, etc. Para esto se cuenta con tanques desarenadores que funcionan como tanques de sedimentación, en los

cuales, mediante el control de velocidad de flujo, se mantiene en suspensión la materia orgánica, que es de menor peso específico que la mineral, lo cual favorece el depósito de esta última.

Tratamiento primario. Este tratamiento consiste básicamente en la separación de los sólidos sedimentables o suspendidos no removidos en el pre-tratamiento y la disposición final de los mismos.

Se lleva a cabo en un tanque de sedimentación donde las partículas suspendidas se aglomeran, aumentando su peso volumétrico e incrementando su velocidad de asentamiento, así como arrastrando a su paso materia finamente dividida que no sedimentaría por sí misma. Cuando la planta cuenta únicamente con los dos tipos de tratamiento antes mencionados, es conveniente cloración para la eliminación de las bacterias.

Tratamiento secundario ó biológico. Se conoce como tratamiento secundario al procedimiento complementario de purificación de las aguas residuales, el cual consiste en una serie de procesos biológicos y/o químicos a que son sometidos los efluentes de tratamiento primario.

Existen dos formas para descomponer el contenido orgánico de las aguas residuales; en una, las bacterias utilizan el oxígeno disuelto para el desarrollo de sus procesos vitales, mientras que en otra se emplean sustancias diferentes al oxígeno como aceptadores de electrones, efectuándose la descomposición en forma anaeróbica. Las dos formas de degradación bacteriana son de utilidad, pudiendo establecer a voluntad las condiciones que favorezcan a una y otra, según lo requiera el proceso. Por lo común, los lodos se tratan por métodos anaeróbicos y los sólidos en solución por métodos aerobios.

Hay tres tipos principales de sistemas de tratamiento secundario:

- a) Filtros biológicos.
- b) Lodos activados.
- c) Lagunas de estabilización.

Tratamiento terciario ó avanzado. El tratamiento terciario ó avanzado se puede dividir, en términos generales, en procesos químicos y físicos. Estos procesos se usan para remover aquéllos contaminantes que no se eliminaron durante los tratamientos primarios y secundarios, o bien cuando debido a las características de las aguas residuales es necesario tratarlas enteramente por métodos físico-químicos. Estos métodos son los siguientes:

Físicos

- a) Filtración
- b) Flotación
- c) Adsorción
- d) Separación de espumas
- e) Osmosis inversa
- f) Diálisis
- g) Incineración
- h) Igualación
- i) Filtración por goteo
- j) Electrodialisis

Químicos

- a) Neutralización
- b) Coagulación
- c) Oxidación química
- d) Intercambio iónico
- e) Reducción y precipitación
- f) Cloración

La Figura 4 nos muestra el diagrama de los sistemas de tratamiento.

CONCLUSIONES

El problema de la contaminación ambiental es, por su propia trascendencia, del interés de todos los mexicanos porque a todos nos afecta. Claro está que hay regiones en donde adquiere mayores proporciones, y es a los habitantes de esas áreas a quienes corresponde realizar un esfuerzo mayor. La situación lo amerita y lo justifica.

La preocupación por mantener el equilibrio ecológico es cada vez mayor. La Secretaría de Industria y Comercio, a través del Instituto Nacional de Pesca, no ha permanecido ajena a esta conciencia ecológica; por el contrario, ha contribuido grandemente a despertarla y tiene, en mayor o menor grado, intervenciones en diferentes aspectos relacionados con la vida acuática. Se espera que esta acción conduzca a un valioso resultado.

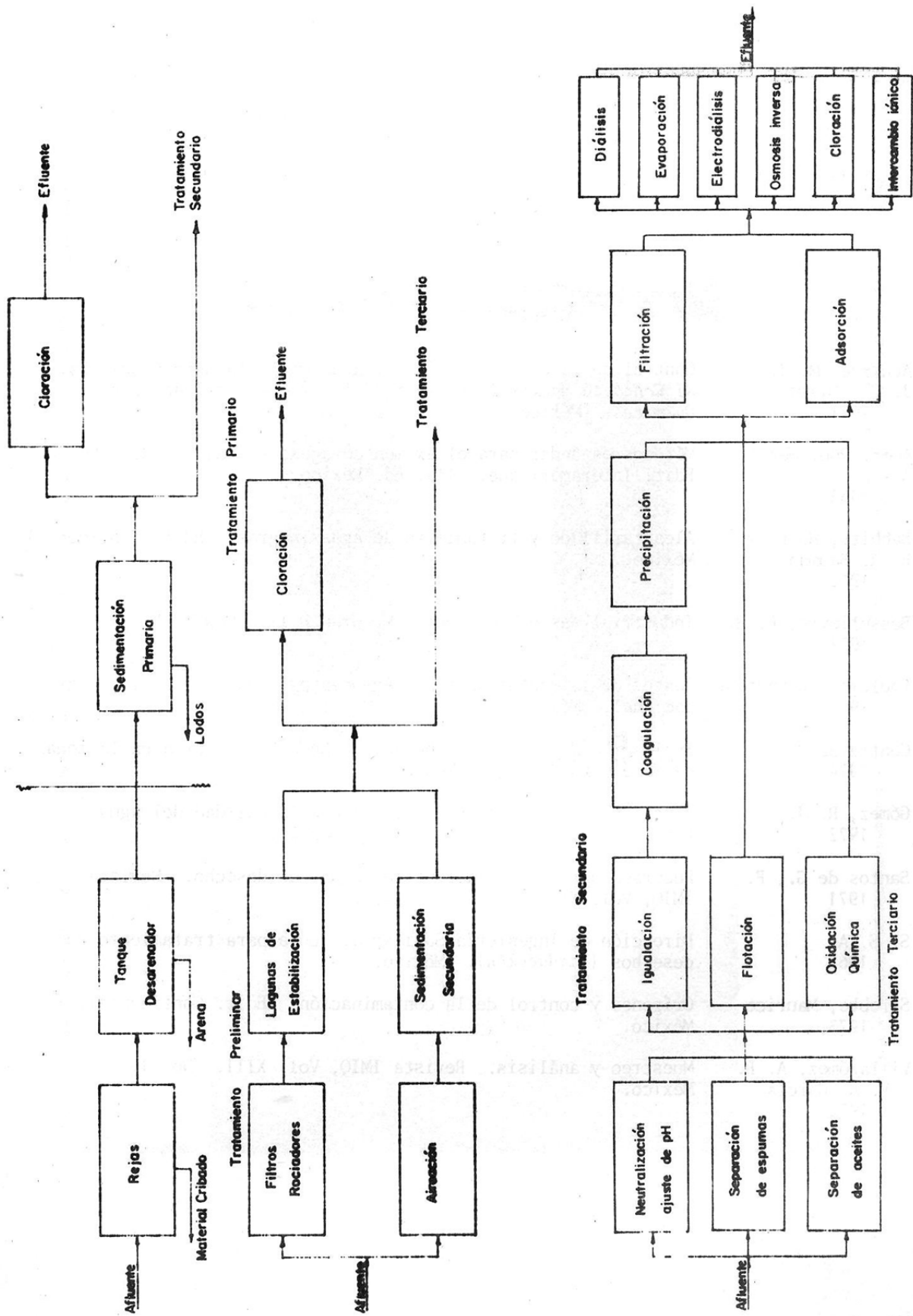


Fig. 4. Diagrama de bloques de los tratamientos utilizados.

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, M. J. y J. E., Urroz. 1971 Control de la contaminación del agua en la Industria Química. *XI Congreso Nacional del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos*. México.
- Amer. Pub. Healt Assoc. 1963 Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho. Edit. Interamericana. 11a. Ed. México.
- Babbitt, H. E. y E. R. Baumann 1962 Alcantarillado y tratamiento de aguas negras. Edit. Continental. México.
- Besselièvre, E. B. 1952 Industrial Waste Treatment. Mc Graw Hill. New York.
- Boulding, Kenneth E. 1973 Costos de la contaminación. Agencia para el Desarrollo Internacional. México.
- Contreras M., R. J. 1974 Evaluación del grado de contaminación del Río Lerma en la zona de Yurécuaro (*Tesis*). México.
- Gómez, R. J. 1972 Efectos de los factores físicos sobre la calidad del agua. *Revista IMIQ*, Vol. XIII. No. 9. México.
- Santos de G., F. 1971 Recursos para el tratamiento de aguas de desecho. *Revista IMIQ*, Vol. XII. No. 11. México.
- S. S. A. 1962 Dirección de Ingeniería Sanitaria. Guía para tratamiento de desechos (*Traducción*). México.
- Strobbe, Maurice 1973 Orígenes y control de la contaminación. Edit. Continental. México.
- Villagómez, A. B. y M. A. García 1972 Muestreo y análisis. *Revista IMIQ*, Vol. XIII. No. 1. México.

Esta publicación se terminó de imprimir el 13 de julio de 1976, en el Departamento de Offset de la Sección Editorial del Instituto Nacional de Pesca, sito en Chiapas 121, Col. Roma, México, D.F. Se tiraron 1,500 ejemplares, utilizándose papel Optical Bond de 50 kilos para el texto y papel Ameca Bond de 80 kilos para la elaboración de forros.